

Міністерство освіти і науки України
Харківська національна академія міського господарства

Методичні вказівки

до виконання самостійної роботи з дисципліни
Спецкурс за напрямком магістерської роботи

“Планування і обробка результатів експериментів”

(для студентів напряму підготовки 6.060101 – «Будівництво»)

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни Спецкурс за напрямком магістерської роботи “Планування і обробка результатів експериментів” (для студентів напряму підготовки 6.060101 – «Будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад. Рудь О.Г. – Х., ХНАМГ, 2010. – 18 с.

Укладач: канд. техн. наук, проф. О. Г. Рудь

Рецензент: канд. тех. наук, доц. Т. В. Мішурова

Рекомендовано кафедрою “Механіки ґрунтів, фундаментів та інженерної геології ХНАМГ”.

Протокол № 3 від 29.11.2009 р.

Зміст

	Стор.
1. Загальні вказівки	4
2. Лабораторне обладнання	5
3. Планування експериментів	6
4. Зразковий перелік тем наукових досліджень для магістер- ських робіт. Короткий коментар	7
5. Обробка результатів експерименту	10
6. Складання звіту	15
Список літератури	16

1. Загальні вказівки

Методичні вказівки складені згідно з робочою програмою учбової дисципліни Спецкурс за тематикою магістерської роботи у геотехніці “Планування і обробка результатів експериментів”.

Метою вивчення дисципліни є підготовка магістра до практичної діяльності у науково-дослідній роботі в області будівництва.

В методичних вказівках передбачається дві форми самостійного навчання:

- самостійна робота магістранта;
- самостійна робота магістранта під керівництвом викладача (консультанта).

При самостійному вивченні учбового матеріалу рекомендується вести конспект, що віддзеркалює зміст запропонованої літератури, а також новітні досягнення вітчизняної та зарубіжної науки в області геотехніки і фундаментобудування, що публікуються в періодичній пресі.

Конспект має бути компактним перш за все за рахунок концентрації матеріалу, що вивчається, і введення абревіатур (в розумних межах).

Нотатки повинні бути доступними при повторних переглядах конспекту.

В конспекті повинні мати місце малюнки та розрахункові схеми, без яких вивчення спецкурсу за тематикою магістерської роботи, як і іншого технічного курсу, важко. Вмінню вести конспект треба вчитися. При серйозному відношенні до конспектування досвід конспектування набувається швидко.

Формули рекомендується не завчати, а намагатися зрозуміти їх суть та логіку побудови.

При виконанні цих рекомендацій можна сподіватися від магістранта у майбутньому самостійності та творчого підходу до вирішення задач, що стоятимуть перед ним.

Матеріали конспектування разом з отриманими результатами дослідів мають бути використані при складанні звіту про виконану роботу.

2. Лабораторне обладнання

Поглиблене знайомство з лабораторними геотехнічними приладами, їх можливостями і методиками випробування ґрунтів є основою успішного проведення подальшої науково-дослідної роботи магістранта.

Геотехнічна лабораторія кафедри механіки ґрунтів, фундаментів та інженерної геології ХНАМГ має необхідне устаткування для використання наукових робіт. Основу лабораторного устаткування складають компресійні прилади системи КП і К-1 та зрізні прилади ГПП-30 в комплекті з приладами попереднього ущільнення ґрунтів ГПП-29. За допомогою цього устаткування можуть бути визначені деформаційні характеристики та показники міцності дисперсних ґрунтів у широкому діапазоні їх стану.

Для визначення водопроникливості ґрунту лабораторія має прилади системи СПЕЦГЕО. Сушильна шафа з автоматичним регулюванням температури дозволяє визначити вологість ґрунтів у природному стані, а також ґрунтів, штучно виготовлених в лабораторії. Присутність органіки в ґрунтах може бути визначена за допомогою муфельної печі методом прожарювання до температури 800 °С.

До складу лабораторного устаткування належать також прилади, які дозволяють визначити численні фізичні властивості ґрунтів різних категорій.

Лабораторія обладнана лотком з об'ємом 0,7 м³ з пристосуванням для передачі на ґрунт стискаючих зусиль з можливістю визначення деформацій ґрунту при завантаженні. Крім того, лабораторія обладнана лотком з прозорою стінкою, що дозволяє спостерігати характер деформації ґрунту при його завантаженні.

Ознайомлення з приладами та устаткуванням лабораторії, а також попередні випробування ґрунтів дозволять магістранту перейти до запланованих експериментів.

3. Планування експериментів

При плануванні експерименту потрібно в першу чергу сформулювати задачу, що ставить перед собою експериментатор. Потрібно мати уявлення, що саме необхідно отримати або перевірити за допомогою запланованого дослідження.

У геотехніці це може бути, наприклад, визначення скритих взаємозв'язків поміж фізичними характеристиками ґрунтів або залежностей механічних характеристик від фізичних показників.

Перелік таких і подібних до них задач у геотехніці достатньо широкий, тому вибір їх рекомендується проводити за допомогою консультанта - викладача, що працює з магістрантом.

Планування експерименту тісно пов'язано з побудовою об'єктів досліджень, які частіше всього виступають в якості моделей, що віддзеркалюють властивості природного середовища. Отже, виникають питання щодо форми та розмірів зразків, їх стану до початку випробувань і таке інше.

При плануванні експерименту необхідно мати уявлення про режим випробування, куди входять час спостереження, спосіб і точність вимірювань. Прискорений режим випробувань дозволяє зекономити час, витрачений на проведення експерименту, але при цьому можна отримати не об'єктивну інформацію.

Планування експерименту зв'язано також з призначенням кількості дослідів. Якщо кількість дослідів буде не достатня, тоді зв'язок поміж величинами, що варіюються, не встигне визначитися і виникне уявлення про відсутність такого зв'язку, або що він статистично незначний.

Перелічені правила та зауваження магістранту потрібно доповнити даними, що містяться у науковій літературі [6,7,10].

Планування експерименту є важливим кроком у переддвер'ї дослідів, тому воно має бути ретельно продумано та схвалено консультантом.

4. Зразковий перелік тем наукових досліджень для магістерських робіт. Короткий коментар

При визначенні теми науково-дослідної магістерської роботи необхідно керуватися наступними правилами:

- об'єм роботи повинен бути погоджений з часом, що запланований для її виконання;
- робота має закінчений вигляд;
- робота повинна мати пізнавальний характер та поповнювати знання студента, які він одержує в академії згідно з учбовим планом.

Вибір напрямку досліджень в межах магістерської роботи залишається за магістром та його наставником. Разом з тим, у вигляді прикладів можна рекомендувати нижче перелічену тематику, яка може бути застосована для розробки.

4.1. Компресійні випробування ґрунтів

Дослідження у цьому напрямі можуть бути спрямовані на визначення характеру стиснення різних видів ґрунтів в залежності від їх фізичного стану, зокрема, від щільності і вологості. За допомогою компресійних випробувань можна дослідити відносно мало вивчену структурну міцність ґрунтів з водно-колоїдними і кристалізаційними зв'язками. Компресійні випробування дозволяють отримати характеристики стиснення при циклічних навантаженнях ґрунтів основи, а також отримати і проаналізувати гістерезисні петлі на компресійних графіках.

4.2. Випробування ґрунтів на зріз

Залежності, що використовуються у практичних розрахунках для визначення характеристик міцності φ і c за допомогою ґрунтів на зріз, прийняті у вигляді прямих типу $\tau = p \cdot \operatorname{tg} \varphi$ або $\tau = p \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$. В дійсності це пологі криві, апроксимовані до прямих на графіках $\tau = f(p)$. Криволінійність у повній мірі проявляється при вельми незначних стискуючих навантаженнях.

Цей участок на графіку може бути досліджений магістрантом для різних ґрунтів у різному їх фізичному стані. Інтерес викликає також вплив швидкості завантаження зрізаючого механізму приладу на результати дослідів, у яких приймають участь глинисті ґрунти, характеристики яких I_p , I_L , S_r та інші, мають різне значення.

4.3. Оптимальна вологість при ущільненні пісків

Якщо основою для фундаментів споруд є пухкий пісок, виникає необхідність ущільнення основи. З цією метою здійснюються лабораторні дослідження піску для визначення так званої оптимальної вологості, яка відповідає максимальній щільності піску за прийнятим методом лабораторного ущільнення. Дослідна робота магістранта полягатиме у визначенні оптимальної вологості різних типів пісків – крупних, середньої крупності, дрібних і пилюватих. Знайти у кар'єрах всі ці типи пісків скрутно. Тому перед випробуванням їх потрібно штучно сформувати в лабораторії за допомогою розсіювання. Випробування обов'язково супроводжуються побудовою графічних кривих залежності щільності від вологості піску.

4.4. Дослідження набухаючих ґрунтів

Набухаючі глинисті ґрунти, у разі використання їх у якості основ споруд, вимагають спеціальних досліджень. Для них визначається відносне вільне набухання, тиск і вологість набухання, а також усадка.

Магістерська робота тут може бути спрямована на визначення впливу вологості і щільності набухаючих ґрунтів на величину їх відносного вільного набухання. При зростанні вологості і зниженні щільності зменшується набухання ґрунту і навпаки. Випробування можуть бути спрямовані також на вивчення закономірностей розвинення тиску набухання і усадки. Дослідження всіх цих складових являє інтерес ще й тому, що набухаючі ґрунти східного регіону України зустрічаються рідше порівняно з іншими типами ґрунтів, тому відомості про них обмежені.

4.5. Хімічне закріплення ґрунтів за допомогою силікатів

Мета хімічного закріплення – поліпшення експлуатаційних властивостей ґрунтів підвалин будівель та споруд. Мета магістерської роботи полягатиме у дослідженні впливу силікатних розчинів різних рецептур на фізико-механічні властивості різних ґрунтів і перш за все на їх міцність.

4.6. Пенетраційні дослідження ґрунтів

Пенетрація дає можливість досліджувати ґрунти за допомогою конусного штампуні пенетрометра з кутом загострення 30° . Метод відзначається простотою і точністю результатів випробувань. Основною пенетраційною характеристикою є питомий опір пенетрації $R = P/h^2$, де P – вага конуса, а h – глибина занурення конуса в ґрунт. Питомий опір пенетрації дозволяє визначити низку характеристик глинистих ґрунтів і пісків.

В магістерській роботі рекомендується дослідити можливість визначення числа пластичності та показника текучості супісків, для яких існуючий метод визначення наведених характеристик не дає точних результатів. Інтерес являє також визначення інтервалів вологості глинистих ґрунтів, у межах яких питомий опір пенетрації виявляє інваріантність.

5. Обробка результатів експериментів

5.1. Помилки вимірювань, оцінка відхилень величин, що вимірюються

Результати експериментів, як правило, містять помилки, що виникають при вимірюваннях. Причинами їх появи є неточності при безпосередніх вимірюваннях, недосконалість приладів, помилки експериментатора та деякі інші фактори. Помилки результатів вимірювань повинні бути по можливості виключені. Тільки тоді закономірності, що виявляються, можуть бути відтворені.

Грубі помилки виникають частіше за все через недогляд експериментатора. Вони різко відрізняються від інших даних і їх потрібно відкинути.

Систематичні помилки мають характер зміщених величин. Вони виникають, наприклад, при зміщенні початку відліку у приладі, з яким працює експериментатор. Такі помилки легко усунути шляхом введення відповідних поправок.

Після усунення грубих і систематичних помилок можуть спостерігатися коливання значень величини, що вимірюється. Вони мають характер відхилень відносно деякого середнього рівня. Ці коливання можна оцінити за допомогою показника що називається середнім квадратичним відхиленням згідно з формулою

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}, \quad (1)$$

де σ – середнє квадратичне відхилення;

x – величина у варіаційному ряді, що вимірюється;

\bar{x} – середньоарифметичне значення величини, що вимірюються;

n – кількість вимірювань.

5.2. Графічне оформлення результатів експерименту

Отримані залежності типу $y = f(x)$ потрібно оформляти у вигляді графіків в системі прямокутних координат. Звичайно по абсцисі відкладають

значення аргументу, а по ординаті – значення функції. Ряд чисел у вигляді графіків дає можливість більш чітко сприймати отримані закономірності.

Розташування дослідних точок у координатному полі, крім того, служить основою для попереднього вибору лінії регресії при призначенні кореляційної залежності функції від аргументу.

5.3. Методи кореляції у наукових дослідженнях

Метод кореляції являє собою один з центральних розділів математичної статистики. Він дає можливість встановити взаємозалежність між показниками, що характеризують певний об'єкт.

Така середа, наприклад, як ґрунт може мати до 15-ти фізико-механічних характеристик.

Цілком природно припустити, що поміж ними є взаємозв'язок, якщо вони характеризують один і той же зразок ґрунту.

Метою кореляційних досліджень є визначення взаємозалежності поміж двох (або декількох) характеристик, одна з яких визначається простим і доступним способом, а інша для свого визначення потребує значних витрат часу і праці.

Якщо взаємозалежність поміж величинами, що варіюються, відбувається і вона буде виявлена у процесі кореляції, то може бути встановлена і тіснота зв'язку поміж ними. Цей важливий показник визначається за допомогою коефіцієнта кореляції.

Розташування точок у координатному полі, що були знайдені за результатами експерименту, дають можливість приблизно отримати графічну інтерпретацію залежності типу $y=f(x)$. Це може бути прямолінійна або криволінійна залежність.

Для прямолінійної залежності поміж двома величинами можна використовувати рівняння прямої типу

$$y = a + bx, \quad (2)$$

де x і y відповідно аргумент і функція:

a і b – параметри прямої лінії.

Для визначення параметрів рівняння a і b складають систему нормальних рівнянь.

$$\sum y = na + b \sum x, \quad (3)$$

$$\sum yx = a \sum x + b \sum x^2, \quad (4)$$

де n – кількість дослідів, що містять пари x і y .

Коефіцієнт кореляції визначають за формулою

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}. \quad (5)$$

При $r = 1$ або $r = -1$ всі точки кореляційного поля лежать на прямій регресії. В такому разі має місце строга пропорційність y змінюванні x і y ; при $r = 0$ кореляція поміж x і y повністю відсутня.

При криволінійній кореляції лінія регресії може бути подана, наприклад, гіперболою типу

$$y = a + b/x, \quad (6)$$

або другими кривими.

Система нормальних рівнянь для визначення параметрів a і b у разі гіперболи зазначеного типу буде мати вигляд

$$\sum y = na + b \sum \frac{1}{x}, \quad (7)$$

$$\sum \frac{y}{x} = a \sum \frac{1}{x} + b \sum \frac{1}{x^2}, \quad (8)$$

У разі кореляції 3-х перемінних з кількістю варіантів n , що містять в собі змінні x, y, z , визначають спочатку їх середні квадратичні відхилення (1) за формулами

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}, \quad (9)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}}, \quad (10)$$

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{\sum (z - \bar{z})^2}{n}}. \quad (11)$$

Далі визначають згідно з (5) часткове значення коефіцієнтів кореляції r_{zx}, r_{zy}, r_{xy} .

Якщо, наприклад, прямолінійне кореляційне рівняння містить три змінні, то воно може бути записано таким чином

$$y = a + bx + cy. \quad (12)$$

Параметри a, b, c цього рівняння визначають за формулами

$$b = \frac{\sigma_z}{\sigma_x} \cdot \frac{r_{zx} - r_{zy} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2}, \quad (13)$$

$$c = \frac{\sigma_z}{\sigma_y} \cdot \frac{r_{xy} - r_{zx} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2}, \quad (14)$$

$$a = \bar{z} - \bar{x} - c\bar{y}, \quad (12)$$

де $\bar{z}, \bar{x}, \bar{y}$ – середні значення перемінних.

5.4. Приклад визначення кореляційного рівняння

За результатами лабораторних досліджень отримані значення тисків набухання P_{sw} і відповідні їм значення природних вологостей w . Загальна кількість випробувань $n = 11$ (короткий ряд). Потрібно визначити характер залежності P_{sw} від w у вигляді кореляційного рівняння, а також виявити тісноту зв'язку між ними.

Отримані дані та необхідні розрахунки слушно подати у вигляді таблиці.

Таблиця

№	$x (w, \%)$	$y (P_{sw}, \text{МПа})$	x^2	y^2	$Ху$
1	26	0,278	676	0,0773	7,228
2	28	0,260	784	0,0676	7,280
3	30	0,240	900	0,0576	7,200
4	30	0,231	900	0,0534	6,930

5	24	0,301	576	0,0906	7,224
6	27	0,250	729	0,0625	6,750
7	25	0,279	625	0,0778	6,975
8	23	0,324	529	0,1050	7,452
9	29	0,220	841	0,0484	6,380
10	29	0,263	841	0,0724	7,801
11	31	0,240	961	0,0576	7,440
$n = 11$	$\Sigma=302$	$\Sigma=2,892$	$\Sigma=8362$	$\Sigma=0,7702$	$\Sigma=78,66$

Змінні $w(x)$ і $P_{sw}(y)$ дозволяють побудувати графік $y = f(x)$, який свідчить, що графічно залежність P_{sw} від w повинна бути у вигляді прямої лінії (емпірична лінія регресії). Тому теоретичну лінію регресії приймаємо у вигляді $y = a + bx$.

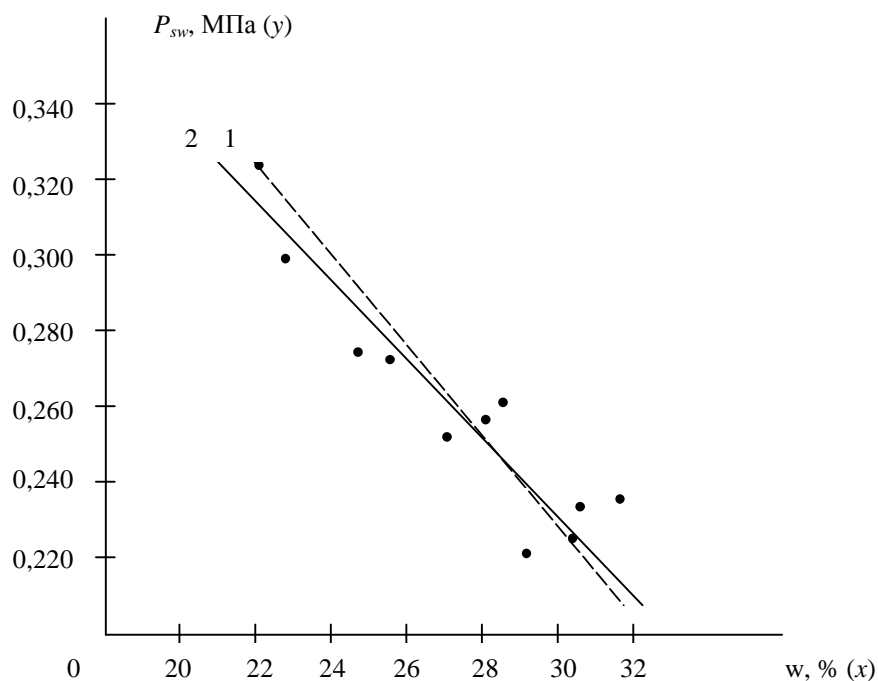


Рис. Розташування точок у кореляційному полі:

1 – емпірична лінія кореляції; 2 – теоретична лінія кореляції

Згідно з (3, 4) запишемо систему рівнянь

$$\begin{cases} 2,892 = 11a + 302b, \\ 78,66 = 302a + 8362b. \end{cases}$$

Вирішуємо ці рівняння методом підстановки і отримуємо $a = 0,548$; $b = -0,0104$. Отже рівняння теоретичної лінії регресії буде

$$P_{sw} = 0,548 - 0,0104w.$$

Тісноту зв'язку поміж x і y визначаємо за допомогою коефіцієнту кореляції r_{xy} згідно з (5)

$$r_{xy} = \frac{11 \cdot 78,66 - 302 \cdot 2,892}{\sqrt{11 \cdot 8362 - 302^2} \cdot \sqrt{11 \cdot 0,7702 - 2,892^2}} = -0,885.$$

Достатньо високе значення коефіцієнта кореляції свідчить про вельми високу тісноту зв'язку поміж w і P_{sw} .

Мінус при коефіцієнті кореляції вказує на зворотну пропорціональність між цими характеристиками набухаючих ґрунтів.

6. Складання звіту

Магістерська робота обов'язково завершується звітом.

До звіту слід віднести:

- чітко сформулювати задачу, що була поставлена перед магістрантом;
- способи виконання наукової роботи, використані прилади та обладнання;
- огляд і результати вивчення технічної літератури щодо обраної теми наукової роботи, висновки;
- виклад виконаної наукової роботи з графічними поясненнями;
- висновки згідно з виконаною магістерською роботою;
- список використаної наукової літератури.

Звіт виконується на аркушах формату А–4 з титульним аркушем.

Список літератури

1. Бирюков Н. С. и др. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунта.– М.: «Недра», 1975.–174с.
2. Козак В. В. Лабораторные работы по механике грунтов.– К.: «Будівельник», 1967.–54с.
3. Слюсаренко С. А. Механика грунтов. Лабораторные работы .–К.: «Вища школа», 1982.-86с.
4. Чаповский Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов.–М.: «Недра», 1986.-304с.
5. Somerville S.H., Paul M.A. Dictionary of geotechnics.London. 1986-240 p.
6. Винарский М. С., Лурье М. В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. -К.: «Техніка», 1975-167с.
7. Горский В. Г., Адлер Ю. П. Планирование промышленных экспериментов.-М.: «Металлургия », 1974.-264с.
8. Снапелев Ю. М., Старосельский В. А. Моделирование и управление в сложных системах. –М.: «Советское радио», 1974.-264с.
9. Сухарев И. П., Ушаков Б. М. Исследование деформаций и напряжений методом муарных полос.- М.: «Машиностроение», 1989.-207с.
10. Чавчанидзе В. В., Гельман О. Я. Моделирование в науке и технике.-М.: «Знание», 1996-32с.
11. Вялов С. С. Геологические основы механики грунтов. - М.: «Высшая школа»,1978-447с.
12. Гольдштейн М. Н. Механические свойства грунтов. - М.: «Стройиздат»,1974.-366с.
13. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. - Л.: «Стройиздат»,1988-415с.
14. Денисов Н. Я. Природа прочности и деформаций грунтов.-М.: «Стройиздат», 1972.-279с.
15. Зоценко М. Л. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти.-К.: “Вища школа”, 1992. - 407с.

- 16.Кандауров И. И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве. -Л., М.: «Стройиздат», 1966. - 318с.
- 17.Малышев М. В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений.-М.: «Стройиздат» 1997.-136с.
- 18.Мулин В. П. Механика грунтов для инженеров-строителей. –М.: «Стройиздат», 1988.-118с.
19. Маслов Н. Н. Механика грунтов в практике строительства. - М.: «Стройиздат»,1984.-318с.
20. Соломин В. И. и др. Современные проблемы нелинейной механики грунтов. - Челябинск, 1985.- 180с.
- 21.Smit G. N. Elements of soil mechanics for civil and mining engineers-New York. 1979-424p.
- 22.Швецов Г. И. Основания и фундаменты. Справочник.-М.: «Высшая школа »,1991-382с.
- 23.Шутенко Л. Н., Лупан Ю. Т., Рудь А. Г. и др. Основания и фундаменты.-Харьков: ХНАГХ,2004.-674с.
- 24.Цытович Н. А. Механика грунтов.- М.: Высшая школа, 1983.-288с.
- 25.Лукомский Я. И. Теория корреляции и ее применение к анализу производства.-М.: «Госстатиздат»,1961.-275с.
- 26.Рушимский Л. З. Математическая обработка результатов экспериментов.-М.: «Наука»,1971.-192с.
- 27.Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных.-М.: «Колос», 1981-159с.
- 28.Державні стандарти України. Грунти, лабораторні випробування (ДСТУ БВ.2.1-3.96).-К.: ДКУ у справах містобудування і архітектури, 199.-19с.
- 29.Разоренов В. Ф. Пенетрационные испытания грунтов. – М.: «Стройиздат»,1968-182с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни
Спецкурс за напрямком магістерської роботи “Планування і обробка ре-
зультатів експериментів” (для студентів напряму підготовки 6.060101 –
«Будівництво»)

Укладач Олександр Григорович Рудь

Відповідальний за випуск М. Ф. Бронжаєв

Редактор М. З. Аляб'єв

План 2009, поз.7М

Підп. до друку 23.02.2010
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84 1/6
Ум. друк. арк. 1,1
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001